



Gestion de la **santé** des **poissons**



Gestion de la santé des poissons

Christian Michel

Éditions Quæ

Collection *Savoir-faire*

De l'analyse des réseaux expérimentaux à la méta-analyse
Méthodes et applications avec le logiciel R pour les sciences agronomiques et environnementales

D. Makowski, F. Piraux, F. Brun

2018, 162 p.

Les sols

Intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable

A. Bispo, C. Guellier, E. Martin, J. Sapijanskas, H. Soubelet, C. Chenu, coord.

2016, 384 p.

Protection agroécologique des cultures

J.-P. Deguine, C. Gloanec, P. Laurent, A. Ratnadass, J.-N. Aubertot, coord.

2016, 288 p.

Le lapin

De la biologie à l'élevage

T. Gidenne, coord.

2015, 288 p.

Résidus de pesticides dans les céréales alimentaires

Origine, devenir et gestion raisonnée

F. Fleurat-Lessard

2015, 160 p.

Présures et coagulants de substitution

Comment faire le bon choix ?

2015, 200 p.

En couverture : à gauche, Bouches de Kotor (mer Adriatique) piscicultures © Olga Iljinich/fotolia ; au centre, truite commune © Kletr/fotolia ; à droite, *Candidatus* Arthromitus © Christian Michel et Jean-François Bernardet

Éditions Quae
RD 10, 78026 Versailles Cedex, France

Remerciements

Il convient d'abord d'exprimer notre reconnaissance aux responsables des départements « Santé animale » et « Génétique animale » de l'Inra dont le soutien administratif, financier, et surtout les encouragements n'ont jamais failli. De même, aux directeurs de l'unité de Virologie et d'immunologie moléculaires et de l'équipe Genaqua de l'unité GABI de Jouy-en Josas, qui tour à tour ont accepté de nous héberger. Que Gilles Aumont, Thierry Pineau, Christian Ducrot, Françoise Médale, Bernard Delmas, Sabine Riffault, Pierre Boudinot et Edwige Quillet, soient sincèrement remerciés.

Nous sommes tout particulièrement redevables aux relecteurs des textes pour leur minutieuse attention et leurs commentaires ; les auteurs bien sûr, ceux notamment dont les corrections ne se sont pas limitées à leurs propres chapitres, mais aussi les personnes spécialement sollicitées pour cette tâche. Ont ainsi accepté de prendre sur leur temps Jean-François Bernardet, Pierre Boudinot, Ségolène Calvez, Anne-Marie Hattenberger, Laurent Labbé, Armand Lautraite, Marc Morand, Dimitri Rigaudeau... Mention particulière doit être faite du rôle de Sadasivam Kaushik, qui s'est aussi efficacement investi dans la résolution de certains points d'édition.

Plus en amont, lors de la préparation des chapitres, nous avons bénéficié de l'apport documentaire ou des avis de certains experts sur des questions plus ponctuelles : Stéphane Biacchesi, Guillaume Blanc, Patrick Daniel, Éric Duchaud, Ronald Hedrick, Matthieu Jamin, Nicolas Keck, Marine Levadoux, Claire Quentel, Edwige Quillet et Jean-Christophe Raymond.

Pour les illustrations, le traitement graphique et la mise en forme définitive ont grandement bénéficié du savoir-faire de Marc Weber.

N'oublions pas pour finir de mentionner l'aide fréquente, souvent quotidienne et toujours précieuse des services d'appui à la recherche de l'Inra, la reconnaissance due en particulier à Valérie Caudron, Marylise Gratadoux, Caroline Lefebvre, Patricia Houdoux, Evelyne Dupré-Legendre, et bien sûr, la collaboration efficace et patiente des responsables de l'ouvrage aux éditions Quae, Caroline Dandurand et Catherine Jalouneix, sans lesquelles l'achèvement en temps voulu de ce livre serait resté très incertain.

À tous et toutes, merci.

Avant-propos

Chercheur à l'Inra en ichthyopathologie, Pierre de Kinkelin est l'initiateur de cet ouvrage.

Dès les années 1960, il s'intéressa aux virus, aux bactéries et aux parasites, causes de maladies chez les poissons d'élevage. Il mit notamment au point des vaccins vivants contre la septicémie hémorragique virale de la truite en sélectionnant des souches de virus atténuées. Tout au long de sa carrière, il isola et identifia de nombreux virus pathogènes affectant diverses espèces de poissons. Il orienta très vite les recherches de son laboratoire sur les aspects de la résistance immunitaire ou génétique opposée aux agents pathogènes par les animaux infectés. En 1975, il fut nommé secrétaire général de la Commission permanente de l'Organisation mondiale de la santé animale, et en devient le président de 1988 à 1991.

En 2013, sa mort interrompt brutalement le projet de synthèse générale qu'il menait sur la pathologie des poissons. Ce travail devait s'inscrire à la suite du *Précis de pathologie des poissons* qu'il publia en 1985 et de *Parasites et parasitoses* paru en 2014.

Actualisé et repris par ses anciens collègues, l'ouvrage proposé aujourd'hui est le fruit d'un patient travail de déchiffrement et de réactualisation d'un manuscrit volumineux.

Les bouleversements survenus à l'aube des années 2010 avec le foisonnement et la banalisation des techniques de la biologie moléculaire et de la génomique ont été particulièrement spectaculaires dans le domaine de la pathologie, venant compliquer et retarder quelque peu l'achèvement du livre. Les innovations et les perfectionnements méthodologiques ont ouvert de nouvelles possibilités dans la façon de concevoir la lutte contre les maladies. Adoptées en médecine humaine, puis animale et tout récemment intégrées dans un concept de santé unique (*One Health*), ces nouvelles approches, étendues à des démarches aussi variées que le diagnostic, les traitements et les diverses formes de prévention non médicale, se devaient d'être abordées et explicitées dans le présent ouvrage en complément des fondements classiques de l'intervention sanitaire et de leurs succès pratiques. L'objectif a été de parvenir à un équilibre pour apporter au lecteur des réponses pertinentes aux questions que ses activités ou sa curiosité peuvent l'amener à se poser, tout en lui offrant la possibilité de replacer ces questions dans un contexte plus large et inscrit dans une dynamique de progrès des savoirs.

Le contenu du livre a été restreint à ce qu'indique clairement son titre, à savoir la gestion de la santé des animaux et les moyens préventifs ou correctifs d'y parvenir dans les meilleures conditions. En revanche, il n'était pas question de priver

le lecteur de considérations plus générales pouvant recouper ses interrogations et, surtout, apporter des explications rationnelles au choix des moyens de lutte à privilégier en fonction des affections suspectées ou diagnostiquées. Un chapitre introductif conséquent rappelle donc les rudiments, les principales définitions et le vocabulaire de base à connaître pour aborder la pathologie, puis développe les notions épidémiologiques qui sous-tendent toute lutte sanitaire ou médicale. Au fil du livre, des renvois à des compléments, librement accessibles, plus théoriques sur les fondements, les causes et les mécanismes de déclenchement et d'évolution des maladies ont été également indiqués. Ces articles sont signalés comme tels dans le sommaire ; ils comportent entre autres un formulaire thérapeutique et chimique, des synthèses apportant des éléments théoriques et scientifiques sur la biologie des poissons, les causes étiologiques et les mécanismes de déclenchement et d'évolution des maladies, etc.

Ainsi, la rencontre du travail de Pierre de Kinkelin avec celui mené par d'autres chercheurs permet d'offrir aux professionnels de l'aquaculture et à un public plus large une synthèse complète et actuelle sur la gestion de la santé des poissons.

Sommaire

Remerciements.....	3
Avant-propos.....	5
Introduction aux maladies des poissons : éléments d'épidémiologie.....	11
Définitions et généralités sur l'état de maladie	11
Les protagonistes de l'état de maladie.....	16
Origine et transmission des agents pathogènes.....	32
Facteurs de risque de maladie.....	46
L'expression des maladies	57
Conclusions sur l'épidémiologie générale	69

Partie I Le diagnostic

Le diagnostic de terrain	81
Diagnostic sur l'eau.....	81
Diagnostic toxicologique.....	102
Sémiologie et diagnostic clinique	108
Le diagnostic de laboratoire.....	143
Les techniques moléculaires appliquées au diagnostic des organismes pathogènes.....	145
Le diagnostic des infections virales chez les poissons	157
Le diagnostic bactériologique	170
Le diagnostic des mycoses et pseudo-mycoses	184
Le diagnostic parasitologique	188
Aspects opérationnels du diagnostic	197

Partie II

Méthodes de prévention non médicale

Gestion de la qualité de l'eau et de l'environnement des poissons	209
Particularités de la démarche	209
Ajustement de la qualité de l'eau aux besoins des poissons.....	212
Prévention du stress (manipulations et compétition animale).....	238
 Qualité et bonne conduite de l'alimentation	 251
Rappel de quelques notions de base sur les besoins alimentaires des poissons.....	251
La qualité des aliments.....	258
L'alimentation des poissons	259
 Exploitation de la résistance génétique aux maladies des poissons	 265
Variabilité génétique de la résistance aux maladies chez les poissons.....	266
Sélectionner des poissons plus résistants.....	279
Sélection et gestion intégrée de la santé.....	287
Conclusions et perspectives.....	292
 La prophylaxie sanitaire	 303
La prophylaxie fondée sur l'adoption de bonnes pratiques sanitaires en pisciculture.....	304
La prophylaxie sanitaire officielle ou prophylaxie des maladies réglementées	317

Partie III

Intervention médicale contre les maladies des poissons

La vaccination	343
Éléments de vaccinologie générale.....	343
La vaccination antibactérienne	353
La vaccination antivirale	363

Vaccination antiparasitaire	371
Conclusions et perspectives.....	374
La thérapeutique chez les poissons.....	381
Bases de l'intervention thérapeutique chez les poissons	386
La chimiothérapie	402
Les difficultés soulevées par l'intervention chimiothérapeutique.....	426
Les nouvelles orientations thérapeutiques.....	445
Conclusion générale.....	467
Auteurs	469
Index.....	470

Compléments numériques¹

Éléments d'ichthyologie
 Éléments d'immunologie des poissons
 Maladies et troubles engendrés par la qualité de l'eau
 et l'environnement du poisson
 Polluants et pollutions chimiques
 L'alimentation et les maladies d'origine alimentaire
 Virus et viroses des poissons
 Bactéries et bactérioses des poissons
 Saprolégnioses, mycoses et infections pseudofongiques
 Annexes techniques au diagnostic de laboratoire
 Formulaire thérapeutique et chimique

¹ Ces articles sont en libres accès sur le site Prodinra.

Introduction aux maladies des poissons : éléments d'épidémiologie

Définitions et généralités sur l'état de maladie

Le domaine des maladies des poissons ou ichthyopathologie appartient à l'univers biologique et se distingue par sa tendance à la variabilité et ses possibilités d'évolution. Les maladies, spécialement celles dues aux organismes pathogènes, sont en perpétuel devenir. Les poissons, comme les organismes pathogènes, évoluent dans un environnement exerçant sur chacun une pression de sélection qui favorise ceux dont les caractères génétiques conviennent le mieux à la survie dans les conditions environnementales du moment.

La classification des connaissances relatives aux maladies, qui dans un but didactique cherche à s'inscrire dans des cadres et des règles bien définis, doit composer avec ces variations permanentes. Des exceptions ou des rectifications s'imposent presque toujours, faute d'avoir disposé d'un savoir suffisant au moment où les règles ont été établies ou du fait des changements survenus chez un des protagonistes de la maladie. À titre d'exemples : la septicémie hémorragique virale (SHV) et la yersiniose ont été longtemps considérées comme des maladies des salmonidés jusqu'à ce que l'on s'aperçoive que leur spectre d'hôte était beaucoup plus large. Des différences de sensibilité individuelle et collective se sont révélées chez les poissons confrontés aux infections. La terramycine était un antibiotique de choix contre la furunculose avant que de plus en plus de souches microbiennes n'y deviennent résistantes et l'efficacité de la vaccination contre la vibriose se trouve constamment remise en cause par les variations antigéniques de l'agent pathogène qui gênent la préparation de stocks de vaccins au plan industriel.

Nous verrons aussi que, dans son expression, l'état de maladie résulte de l'action de facteurs variés sur des poissons donnés et que, pour interpréter les observations que chacun peut avoir faites à propos de cas précis, il faut discuter « toutes choses égales par ailleurs ». L'exercice n'est pas facile et ne permet pas toujours de tirer une conclusion, encore moins d'avancer un pronostic si l'on ne possède aucune expérience antérieure de la maladie.

L'objectif de ce chapitre introductif est de clarifier la notion de maladie du poisson qui, engendrée par des agents pathogènes omniprésents, représente

un risque placé sous la dépendance de nombreux facteurs, et de montrer que, même si le déterminisme en est complexe, ce risque peut et doit être maintenu au niveau le plus bas possible. Les caractéristiques des agents pathogènes, leur origine, le milieu ambiant, le poisson, et les facteurs modulant leurs interactions constituent des éléments de réflexion qui conduisent logiquement aux méthodes visant à réduire le risque de maladie. Au-delà des initiatives ponctuelles, cette réduction s'inscrit actuellement dans l'application de bonnes pratiques sanitaires qui font partie des critères de qualité demandés à toute production animale et végétale.

Définition de l'état de maladie chez le poisson

Chez les poissons, comme chez les autres animaux, en général, la maladie est une altération non compensée de l'état de santé due à un agent pathogène reconnu, qui se manifeste par des signes traduisant l'atteinte des fonctions d'un ou plusieurs organes et qui se déroule dans un milieu défini (figure i-1). Les signes de maladie sont des modifications du comportement, de l'intégrité corporelle, des paramètres biochimiques et cytologiques du sang, ainsi que des performances (coefficient de transformation de l'aliment, croissance, fertilité). Cette définition de la maladie découle de celle qu'en donne la médecine : « une altération de l'état de santé due à une cause reconnue et se traduisant par des signes » (Delamare, 2000 ; Kernbaum, 2001). Si l'agent pathogène est inconnu, on parle de syndrome.

L'issue d'une maladie peut être fatale, ce qui est souvent le cas chez les poissons, et son impact socio-économique significatif (arrêt d'exploitation avec destruction d'activité aux plans local ou régional). La maladie est donc un risque encouru à la fois par les poissons physiquement atteints et par leurs propriétaires ou par ceux qui exercent une charge de gestion piscicole, quand ils sont touchés au plan économique ou affectif dans le cas des poissons d'ornement.

Quand l'agent pathogène est un organisme, il agit par son action directe ou ses sécrétions. Quand il est un élément abiotique du milieu aquatique, il agit par son excès ou par son insuffisance (cas de tous les facteurs physico-chimiques). Le milieu est donc un gisement d'agents pathogènes potentiels. La présence du poisson et de l'agent pathogène dans le milieu, de même que les variations des propriétés de ce dernier, peuvent résulter de causes naturelles ou anthropiques (repeuplement avec animaux porteurs d'organismes pathogènes, pollutions), agissant seules ou en combinaison (figure i-1). Il en résulte à tout moment l'existence d'un risque de maladie au sens le plus large, qui inclut les accidents. Ce sera par exemple, l'irruption dans l'exploitation d'un parasite provenant des poissons porteurs présents dans l'écosystème, la dégradation des propriétés du milieu sous l'effet d'une réduction du débit suite à une période de sécheresse combinée à l'élévation thermique saisonnière ou la sanction de pratiques zootechniques défectueuses sur des poissons faisant nouvellement l'objet d'un élevage alors que leurs besoins physiologiques sont insuffisamment connus.

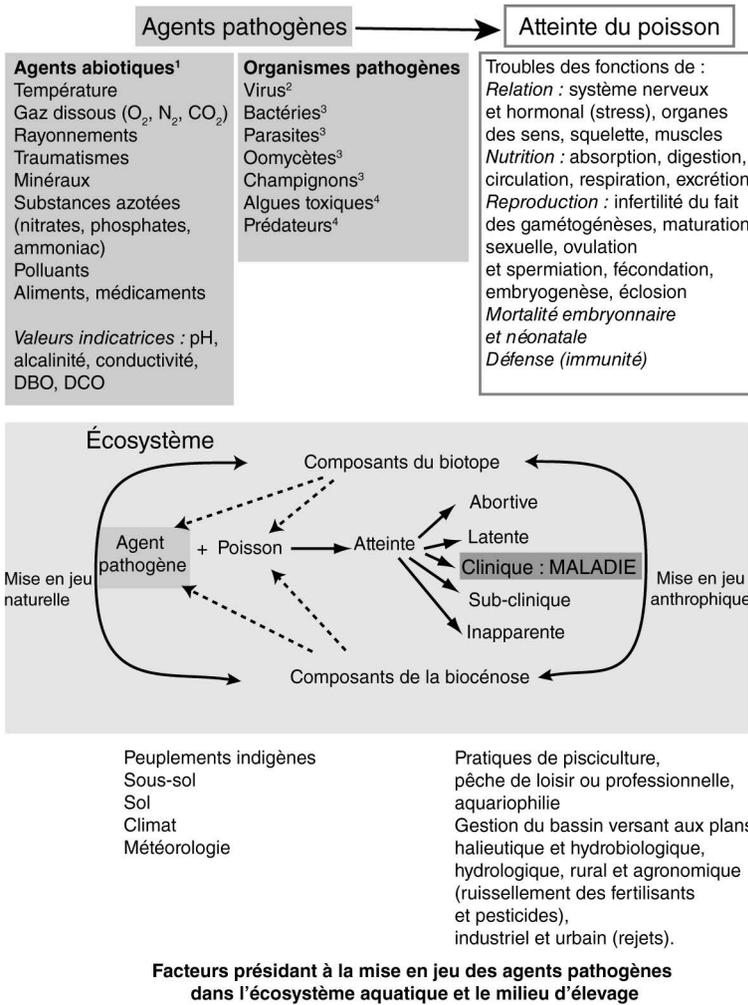


Figure i-1. Les déterminants de l'état de maladie chez le poisson : causes, mise en jeu et interactions.

La figure i-1 schématise l'éclosion d'une maladie et montre d'autres degrés possibles de l'atteinte du poisson par l'agent pathogène, ainsi que l'origine ou l'habitat de ce dernier, son mode de mise en jeu et l'interaction de ces différents éléments. Prenons l'exemple du virus de la septicémie hémorragique virale (SHV) présent dans une eau de température favorable à sa multiplication et rencontrant un poisson d'espèce sensible n'ayant encore jamais eu de contact avec ce virus et qui, à cet égard, sera dit « immunologiquement naïf ». La présence du virus dans l'eau est souvent attribuable à des poissons qui en sont porteurs, dont l'origine peut être soit naturelle, soit anthropique si elle résulte d'un ré-empoissonnement. Transférés dans les structures du site d'élevage, généralement ouvert sur l'écosystème naturel, les jeunes poissons issus d'une éclosion fonctionnant en

eau de source vont se trouver brutalement exposés à l'eau contaminée dans des conditions de confinement propices à la contagion de la maladie. Si la quantité de virus excède le seuil de réceptivité de l'animal, l'infection clinique se déclarera. On retrouve le cadre de l'écosystème décrit dans la figure i-1. Le virus part de la biocénose (poisson porteur), passe dans l'eau (biotope), infecte le poisson et provoque la maladie dans les conditions thermiques permises par le biotope (climat et météorologie). Les conditions de l'élevage intensif (biotope de l'exploitation sous contrôle anthropique) facilitent la propagation de l'infection.

Le cycle de la tétracapsuloïdose, plus connue sous les noms de *proliferative kidney disease* (PKD) ou d'hépatonéphrite, illustre un processus plus compliqué intriquant l'effet direct de l'agent causal sur l'hôte, les éléments modulant les conséquences de cet effet, ainsi que les facteurs de mise en jeu de l'ensemble. L'infection du salmonidé résulte de sa rencontre avec une spore de *Tetracapsula bryosalmoides* libérée dans l'eau par un bryozoaire, hôte naturel de l'écosystème. La multiplication du parasite chez le poisson, accélérée par l'élévation de la température et la baisse des débits sous influence climatique ou anthropique (pompes intempestifs), aboutit à la maladie clinique. La gravité de la tétracapsuloïdose dépend en outre de la quantité de spores reçues en un temps défini. Cette dernière est conditionnée par l'abondance des bryozoaires infectés, dont l'émission de spores dépend elle aussi de la température, et par des débits et une vitesse de circulation de l'eau suffisamment affaiblis pour favoriser l'adhésion des spores aux branchies des poissons. Il reste à s'interroger sur les raisons favorisant l'expansion des populations de bryozoaires. L'élévation thermique du milieu aquatique semble être le facteur prépondérant et la parasitose qui en résulte pourrait compromettre la pérennité des populations de salmonidés (Tops *et al.*, 2006). Les éléments présents dans la figure i-1 se retrouvent bien dans l'exemple choisi : un agent pathogène et un poisson dans un écosystème, l'un et l'autre sous l'influence d'un biotope (température) et d'une biocénose (bryozoaires) elle-même influencée par le biotope, et une mise en jeu des protagonistes par action naturelle, anthropique et mixte.

La figure i-1 permet de raisonner sur la genèse de toutes les maladies de poissons. En effet, le développement d'une maladie (ou processus morbide) nécessite que la quantité d'agent pathogène (organisme ou facteur abiotique) confrontée à un poisson donné, soit supérieure à celle que ce dernier, du fait de ses caractéristiques intrinsèques, peut tolérer dans des conditions de milieu définies. La survenue de manifestations morbides dépend donc de trois ordres de facteurs qui tiennent respectivement au poisson, à l'agent pathogène et au milieu. De l'équilibre entre ces trois catégories dépend à tout moment le risque de maladie pour le poisson, qu'il soit de rente, de sport ou d'ornement car le milieu est le gisement des agents pathogènes.

La pratique de l'ichthyopathologie conduit ainsi à amender la définition initiale de l'état de maladie en précisant qu'il peut résulter de l'action de plusieurs

agents pathogènes agissant simultanément ou successivement sur le poisson, pour déboucher sur une situation morbide globale qu'il faut analyser avant qu'une intervention ne soit possible. De telles associations d'agents pathogènes se rencontrent entre virus, entre parasites et bactéries, entre bactéries ou parasites et manque d'oxygène, comme l'illustrent les mortalités hivernales tardives en eau close.

Maladie et santé des poissons : deux aspects d'un même problème pour le diagnostic et la prévention

Comme la définition de la maladie fait appel à la notion de santé, il convient de définir cette dernière. Chez l'homme, l'OMS (1946) définit la santé comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en l'absence de maladies ou d'infirmité ». Étendue à l'animal, elle pourrait être l'état de bien-être physique d'un organisme placé dans un milieu qui couvre complètement ses besoins, lui permettant ainsi d'optimiser son potentiel génétique et partant, ses performances biologiques. Il reste à établir ce que veut dire « bien-être » quand cela s'applique à un poisson ou à tout autre animal dans une vision exempte d'anthropomorphisme.

Au plan du diagnostic comme à celui de l'intervention, le praticien est tout autant impliqué dans la santé que dans la maladie. Il arrive que, sur le terrain, des altérations de l'état de santé affectent essentiellement les performances des poissons. En trouver la raison et améliorer la situation passe par la vérification que les composants de la qualité du milieu, qui fondent toute activité piscicole, sont adéquats. La recherche des organismes pathogènes ne viendra qu'après.

De même, le présent ouvrage entend bien couvrir les domaines de la maladie et de la santé en s'intéressant au maintien de la santé comme à la lutte préventive et curative menée contre les maladies, ceci à partir de diagnostics fondés sur des signes dont certains, comme la baisse des performances, peuvent se manifester en dehors d'un état clinique déclaré. Les termes « santé » et « maladie » tendent d'ailleurs à être employés indifféremment, « santé » étant pris au sens d'« évaluation d'un niveau éventuel de pathologie ». Il est remarquable que, partout dans le monde, on ne parle plus que de santé animale et de santé piscicole, tant semble installée la crainte de ternir, par le simple emploi des termes « pathologie » ou « maladie », l'image médiatique des productions animales.

Catégories de maladies

L'approche pratique conduit souvent à diviser les maladies en deux catégories, les maladies transmissibles et les maladies non transmissibles. Comme l'indique leur épithète, les maladies transmissibles sont celles qui peuvent être transférées de sujets malades à des sujets sains. Alors que les maladies non transmissibles sont le fait d'agents physiques et chimiques du milieu (on y inclut l'alimentation)

ainsi que de désordres physiologiques dus à l'âge ou à la génétique, les maladies transmissibles sont causées par des organismes vivants, virus, bactéries, parasites, oomycètes, mésomycétozoaires et champignons. Beaucoup sont contagieuses, à savoir que leur propagation peut s'opérer directement ou indirectement d'individu infecté à individu sain. Celles qui ne le sont pas sont transmises soit par des hôtes intermédiaires (parasitoses hétéroxènes), soit par des vecteurs biologiques actifs (cryptobioses, hémogrégarioses).

Milieu et écosystème

Le « milieu », terme consacré par l'épidémiologie, désigne ici, tout ce que le poisson reçoit ou subit de par ses conditions de vie. Il représente une entité d'étendue variable qui ne se limite pas aux seules propriétés de l'eau. Quand il s'applique aux poissons vivant à l'état libre, en conditions marine ou dulçaquicole, le milieu est synonyme d'écosystème. Quand il s'agit d'animaux détenus dans un espace artificiellement délimité par l'activité humaine, inclus dans un écosystème naturel ou totalement indépendant (circuit fermé), le terme « milieu » est préférable et sera employé dans les pages qui suivent.

En réalité, le milieu de la majorité des sites d'élevage est plus ou moins inféodé à un écosystème. Le lien est étroit quand il s'agit par exemple, de cages d'aquaculture marine ou d'une truiticulture desservie par l'eau d'une rivière. Il est plus lâche bien que réel, quand des installations européennes ou nord-américaines de stockage ou d'élevage reçoivent, par exemple, des poissons expédiés des eaux du Sud-Est asiatique.

Dans un site d'élevage comme dans un aquarium d'ornement sans but lucratif, la notion de milieu recouvre à la fois les composants abiotiques correspondant au biotope d'un écosystème et ceux liés à l'intervention humaine : habitat, régime alimentaire, reproduction souvent artificielle, triage, transport et traitements médicamenteux.

Les protagonistes de l'état de maladie

Les agents pathogènes ou causes des maladies

Ces agents sont ceux des maladies transmissibles et non transmissibles. Toutes les maladies transmissibles sont dues à des organismes pathogènes mais tous les organismes pathogènes ne sont pas des agents de maladies transmissibles.

Les composants abiotiques de l'environnement du poisson

Tout composant du biotope est un agent pathogène en puissance, susceptible d'induire une maladie non transmissible ou des baisses de performances. Ces agents sont d'abord les éléments qui entrent dans la composition de l'eau et lui confèrent ses propriétés physico-chimiques (tableau i.1), dont la présence, la quantité ou

la valeur dépendent de phénomènes d'origine naturelle ou d'activités anthropiques qui parfois se combinent. Ces éléments agissent le plus souvent de façon interdépendante et les anomalies qu'ils engendrent résultent alors d'un effet global. D'autres facteurs environnementaux impliqués en pathologie sont les chocs mécaniques inducteurs de traumatismes et de blessures, l'alimentation et les produits médicamenteux.

Du point de vue pratique, les effets nocifs des composants du milieu s'exercent à deux niveaux où leur mise en action peut se conjuguer : un effet pathogène direct, immédiat ou différé, et l'induction d'une réponse adaptative de type stress pouvant s'amplifier aux dépens de la santé si elle n'est pas compensée. Le stress n'est cependant pas systématiquement suivi de conséquences pathologiques, au contraire, et son impact réel doit être évalué en fonction des facteurs tenant aux poissons, au milieu et aux agents d'agression.

Tableau i.1. Agents physiques et substances en solution ou suspension dans l'eau lui conférant ses propriétés physico-chimiques et/ou pouvant se comporter comme des agents pathogènes pour le poisson.

Température	Plomb
Radiations	Phénols
Électricité (décharge)	Biphenyls chlorés
pH acides ou alcalins	Surfactants
Oxygène dissous	Pesticides
Gaz carbonique	Produits phytosanitaires : fongicides, herbicides,
Azote	insecticides
Ammoniac	Organochlorés
Nitrites	Organophosphorés
Sulfure d'hydrogène	Carbamates et thiocarbamates
Chlore	Dérivés carboxylés
Cyanures	Substitués d'urée
Aluminium	Diazine et triazine
Chrome	Pyréthroïdes de synthèse
Fer	Composés métalliques
Nickel	Biocides : désinfectants, rodenticides, produits
Zinc	de protection
Arsenic	Hydrocarbures et produits de raffinage
Cadmium	Colorants
Mercure	

L'étude des propriétés nocives des substances chimiques en solution dans l'eau est le domaine de la toxicologie et leur détection celui de laboratoires d'analyse parfois très spécialisés du fait des niveaux de compétence et d'équipement (spectrométrie d'absorption atomique, chromatographie en phase gazeuse) nécessaires à la recherche de concentrations infimes de molécules particulières dans l'eau, les sédiments ou les organismes. L'étude des relations possibles entre l'expression néfaste des substances présentes dans l'eau et les propriétés de l'écosystème est couverte par l'écotoxicologie.

Les organismes pathogènes

Les organismes pathogènes sont présents chez leur hôte poisson de façon permanente ou transitoire. Ils exercent sur lui une action directe ou lui infligent des atteintes à distance par le biais de substances toxiques. Sur la base de leurs propriétés morphologiques, structurales, fonctionnelles et génétiques, ces organismes sont classés dans trois grands domaines : les virus, les bactéries et les organismes eucaryotes (figure i-2). Les organismes eucaryotes pathogènes pour les poissons comprennent des protistes parasites, anciennement appelés protozoaires, et des métazoaires appartenant à de nombreux taxons : myxozoaires, monogènes, trématodes, cestodes, nématodes, acanthocéphales, annélides, crustacés, mollusques, champignons (Fungi), pétromyzontidés (lamproies). Ajoutons que les prédateurs, en particulier certains oiseaux (cormorans, pélicans), peuvent être des sources de blessures et de stress pour les poissons. La classification des organismes est actuellement en pleine mutation dans la mesure où, sur fond de prolifération d'espèces nouvelles stimulées par les progrès de la génomique, la nomenclature linnéenne classique, avec ses subdivisions (phylum, classe, ordre, espèce, genre, famille, assortis d'éventuels niveaux intercalaires comme les super-classes et les sous-classes) cède peu à peu le pas aux systèmes cladistiques issus de la méthode phylogénétique (Lecointre et Le Guyader, 2006). Il faut savoir que chacun des systèmes comporte des variantes et qu'ils évoluent en permanence. Des exemples d'agents pathogènes appartenant aux taxons se trouvent dans le tableau i-2.

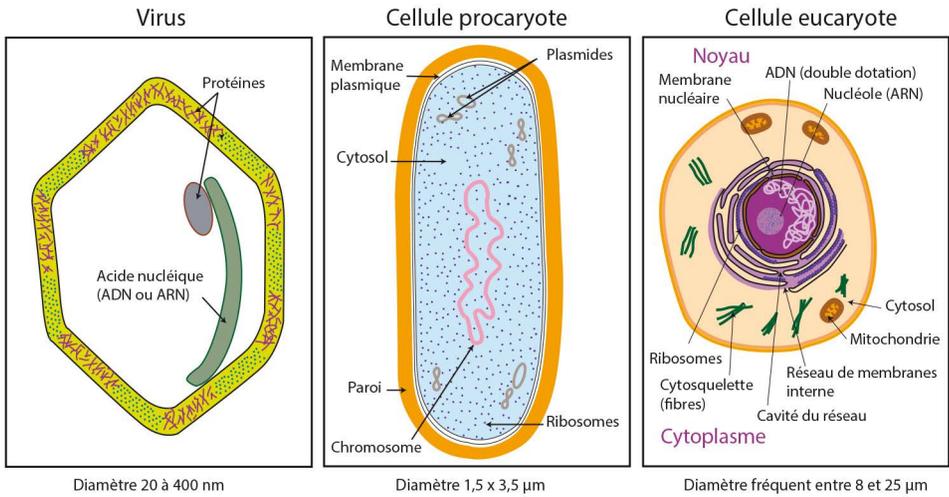


Figure i-2. Schéma organisationnel et panorama des taxons renfermant des organismes pathogènes des poissons.